海洋碳汇发展机制与交易模式探索

赵 云　乔 岳*　张立伟
山东大学 国际创新转化学院 青岛 266237

摘要　海洋碳汇是解决我国碳排放问题的重要路径之一。在经济发展需求与生态容量的双重约束下，实现我国碳达峰与碳中和需要探索更多的政策手段。我国海洋碳汇建设的潜力较大，通过将海洋碳汇与陆地碳汇协同起来，构造一体化碳汇体系，对我国碳汇能力建设具有重要意义。在以海洋生态改善为基础的海洋碳汇增加路径中，海洋养殖、滨海湿地保护、污染排放控制都将对海洋碳汇增加提供可能。在原有碳交易市场基础上通过设计合理的碳汇交易规则，能够以市场的方式引导更多资源进入海洋碳汇建设领域，实现增强我国碳实力的目标。

关键词　海洋碳汇，交易机制，发展模式，生态

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20210217104

进入21世纪以来，随着经济的不断发展与人类活动的扩张，生态环境保护正在面临巨大的挑战，气候变化问题已经成为人类面临的共同难题，而其中二氧化碳等温室气体排放所导致的全球变暖是决定人类未来发展命运的首要问题。我国作为碳排放大国，在国际气候变化治理中发挥着重要的作用，经济发展需求与较大的减排压力使得我国需要在碳排放领域，与全球各国一同探索在新时代、新技术条件下的特色道路。

碳中和的途径可以分为两个主要的方向：① 通过能源替代、技术升级、关闭产能等方式减少碳的排放；② 通过生物或人工直接捕获空气中二氧化碳的方式，减少大气中的温室气体总量。在经济高速增长的背景下，相比于直接减少碳排放，采用适当手段固定二氧化碳的替代性方案对维持经济持续发展更加具有适用性[1]。在固定二氧化碳的方案中，相比于人工物理方法，采用改造生态系统的方式实现碳汇具有安全、稳定、高效的特点[2]；其中，基于生态系统的碳汇又可以分为森林碳汇、湿地碳汇和海洋碳汇等不同模式[3]。

相比于陆地生态系统的碳汇作用，海洋生态系统的碳汇具有碳循环周期长、固碳效果持久等特点。例如，海洋浮游植物占地球光合净初级生产力的45%以上[4]。然而，海洋碳汇计量相比于陆地生态碳汇计量

*通信作者
修改稿收到日期：2021年3月3日；预出版日期：2021年3月5日

难度更大。在陆地上光合作用最活跃的贡献者以长生命周期的大型植物（平均 10 年）为主，但在海洋中发挥主要作用的是短生命周期的微生物（典型时间为 1 周），因此海洋碳汇的过程相比于森林碳汇具有更强的动态性[5]。另外，海洋碳汇大部分发生在国际公共海洋领域。由于以上原因，海洋碳汇的发展在各国环境政策中被长期忽视。建立海洋碳汇促进与保障政策体系，将海洋碳汇纳入到国际气候变化主要议题中将成为全球碳减排计划中的重要新思路，其将会对大气环境与海洋生态产生长远而积极的影响。

1 人类社会面临的碳达峰、碳中和挑战

人类活动对全球变暖的影响首次确认于 1990 年联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发表的《第一次评估报告》，其直接推动了《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的缔结及 1997 年《京都议定书》的签订。在该议定书中，二氧化碳等温室气体排放的问题被明确提出并论证了碳排放与气候变化间的关系，从此碳排放问题作为人类需要面临的共同问题成为国际政治与经济发展的焦点问题。IPCC《第五次评估报告》指出，气候变化已经对人类健康与安全造成了影响，碳排放带来的社会与经济损害已经不再是未来的预期而是正在发生[6]。在此基础上，各国对减少碳排放达成了不同程度的共识，但是在全球范围内却难以形成一个温室气体减排协议。碳排放问题不仅仅是环境保护问题，更涉及经济发展权问题与国际关系博弈[7]。

由于经济发展阶段与全球分工的特殊性，我国当前已经成为碳排放大国，人均碳排放已经与欧盟国家接近（图 1），实现碳排放减排目标成为我国承担大国责任的重要体现。为此，2020 年 9 月 22 日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会上宣布，中国二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。但是我国正处于经济快速增长时期，碳排放的直接约束将显著影响我国工业化转型与经济建设的进程，处理碳排放与经济增长间的关系成为我国经济能够实现长期稳定增长的关键。已有学者研究表明仅仅依靠减少碳排放在基准模式下难以实现 2030 年碳达峰[8]。在全球疫情的背景下，我国 2020 年国内生产总值（GDP）达到 101.5 万亿元人民币，依然实现了 2.3% 的增长；其中，第二产业增加值占比达到 37.8%，较 2019 年呈上升趋势，工业增

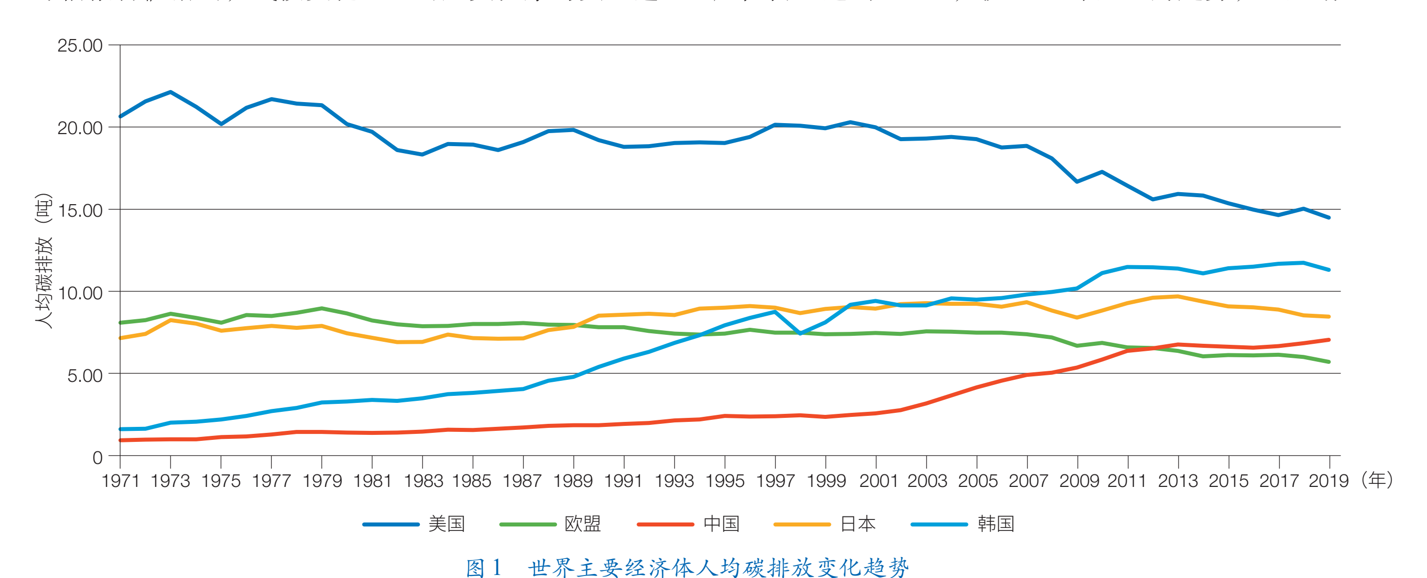


图 1　世界主要经济体人均碳排放变化趋势

Figure 1　Trend chart of per capita carbon emissions in major economies

根据国际能源署（IEA）数据整理

According to IEA data

长在稳定经济增长中发挥了重要作用。与此同时，国际能源署（IEA）发布《2019年全球二氧化碳排放情况》显示我国碳排放有所上升但比较缓和，二氧化碳排放达到约98亿吨。我国针对经济发展现状与国情，先后制定了《“十二五”控制温室气体排放工作方案》《“十三五”控制温室气体排放工作方案》，将“增加生态系统碳汇”作为低碳产业体系的重要组成部分，以森林碳汇为主要方向的同时也指出“探索开展海洋等生态系统碳汇试点”。

我国海洋碳汇潜力巨大，在近海的生态系统中，红树林、海草、盐沼等以不到0.5%的海床覆盖面积，构成了海洋沉积物中50%甚至更多的碳储存量。从全球来看，海洋系统与大气系统的碳交换每年能够达到740亿吨[9]；海洋固碳主要通过生物泵、溶解度泵、碳酸盐泵3种渠道实现，其中生物泵是指通过浮游植物等海洋生物将海洋表面的碳通过沉降作用带入深层海底并分解储存的过程[10]。我国有1.8万公里大陆海岸线，海域面积广阔；其中具有丰富的海洋生态资源，因而充分利用海洋碳汇的供给能力可以为我国经济发展与生产建设提供足够的生态空间。

2 海洋碳汇的发展模式

海洋碳汇需要将碳的吸收建立在健康海洋生态基础之上，相比于陆地生态系统，海洋生态系统的健康性评估难度更大，生态系统规律更具有隐蔽性，生态系统遭到破坏的程度更显著，许多区域的海洋生态系统正在快速萎缩甚至消失。随之而来的是海洋生态系统碳汇作用减弱，平均每年有2%—7%的海洋碳汇消失，而且速度已经在显著加快。海洋碳汇的发展模式需要以海洋生态修复为基础，以可持续发展为目标，并结合海洋科技与产业的现状，构建一体化海洋环境治理体系。

2.1 陆海统筹减排增汇的协同机制

化石能源消耗的减少与替代是减少碳排放的传统路径，但是仅仅依靠减少排放难以实现可持续发展，与之相对的是通过修复生态环境主动增强自然生态对碳的吸收能力，从而使得人类活动与全球碳循环达到均衡可持续的状态。基于生态系统修复的碳汇主要源于陆地生态碳汇与海洋生态碳汇2个部分。陆地生态碳汇中森林碳汇已经被长期关注，2009年12月的《联合国气候变化框架公约》第15次缔约方会议也明确承认了森林碳汇的作用。通过估计陆地生态系统的净生产力（NEP）可以估计森林、草原等生态的碳汇作用。与陆地碳汇相比，海洋生态恢复所带来的碳汇效果评估依赖于对整体海洋情况的数据追踪与分析，其整体性强于陆地生态，森林碳汇与海洋碳汇在建设、评估与保障方面遵从显著不同的方式。

海洋碳汇与陆地碳汇增加的方式不同，但对全球碳减排都是不可或缺的。增加森林碳汇一般采用REDD①、植树造林、“REDD+”②等模式[11]，都以森林覆盖与森林植被状态为目标进行主动建设，各种方式都显著依赖于陆地空间与区域生态的现状。由于人类活动与森林碳汇都处于陆地空间中，随着人类活动范围的扩大，森林碳汇的发展将受到空间的显著限制。在海洋碳汇建设中则不会存在与人类空间冲突的问题，因而对于海洋生态而言，主动修复与建设的潜力是巨大的。通过深入了解海洋生态的运行规律，可以充分发挥海洋生态的空间与整体性优势，且只需要修复海洋生态与碳循环的特定环节实现整个系统碳汇能力的显著提高。因此，需要协调推进森林碳汇与海洋碳汇，使得人类投入到减少碳排放中的努力能够始终处于边际效用最大化的状态。

人类活动导致海洋碳汇减少的主要方面在于海岸富营养化、填海造陆、海岸工程及海岸城市化等。增

① REDD是指减少砍伐森林和森林退化导致的温室气体排放。
② “REDD+”是指森林保护、森林可持续经营和森林碳储量增加。

加海洋碳汇首先在于海洋生态的恢复，同时可以紧密结合海洋渔业的发展，通过恢复海洋生态同时实现物种多样性保护与减少碳排放的目标[12]。从行动策略角度，增加海洋碳汇可以从消除富营养化污染、增加滨海湿地、改善海洋渔业结构、保护海床生态等方面对海洋生态进行恢复与重建，使其具有更强的固碳能力。

2.2 以生态补偿为支点的多阶段海洋碳汇发展机制

全社会主动的海洋碳汇治理涉及海洋污染治理、海洋生态恢复、涉海养殖等多个方面，其关系到生产生活中从工业、旅游业到农业的不同环节。由于社会经济发展水平的差异，在不同的地区基于其本地自然条件特征需要实施方式不同、强度各异的海洋碳汇举措。由于海洋碳汇的系统复杂性，当前我国需要分阶段开展海洋碳汇治理，逐步实现海洋碳汇的平稳、有序发展，获取更高国际碳排放话语权与影响力。

（1）*以生态补偿为主的启动阶段*。围绕海洋碳汇增加的每个路径，强化顶层设计，合理布局资源投入。在海洋碳汇发展初期，由于各参与方对海洋碳汇的认识不足，凝聚共识成为海洋碳汇启动的关键支撑。在海洋碳汇已经成为国际生态保护科研领域共识的条件下[13]，面向增加海洋碳汇变化的主要因素[14]，将生态补偿分别投入到科研、生态保护和生态信息监控体系建设 3 个方面。① 以科研为牵引，逐步厘清海洋碳汇的发生机理、涉海活动与海洋碳汇间关系，同步实现对海洋环境和海洋碳循环的认识，从而推动国内海洋碳汇研究引领全球科技前沿，为海洋碳汇的发展奠定理论基础。② 围绕现有海洋生态保护体系，将海洋碳汇纳入生态保护指标范畴，合理支配生态保护资源，吸引科研机构、工业企业、养殖户、服务机构等全社会海洋碳汇相关主体积极参与。

（2）*以生态补偿为基础、以碳汇交易为补充的成长阶段*。把经济手段作为相关者利益关系调节的主要手段，逐步建立定向补偿与排放权置换交易相协同的海洋碳汇发展体系。在对海洋碳汇的直接相关主体进行生态补偿的基础上，为了吸引更多相关主体认识并参与海洋碳汇创造，建立海洋碳汇与碳排放权的置换机制，将多类碳排放主体连接到海洋碳汇市场中；增加参与海洋碳汇的社会资源，推动海洋碳汇监测技术、评估方法、生态修复技术、节能减排技术等多类技术同步发展，实现国际领先。

（3）*面向全球治理的成熟阶段*。需要实现海洋碳汇的国际化发展，将我国逐步成熟的海洋碳汇治理措施与建设方案向全球推广，取得国际碳排放话语权与影响力。在科研领域取得更多国际共识的基础上，逐步将海洋碳汇交易市场向全球开放，使得海洋碳汇交易体系拓展为国际化市场体系，让更多国际参与主体获得认可与利益保障，形成全球性海洋碳汇治理方案，制定计划并逐步实现全世界范围内的可持续碳排放框架。

2.3 消除海洋污染实现减排增汇的生态修复

向海洋生态系统中排出的污染物在很大程度上破坏了原有的海洋生态，导致了当前海岸经常出现的富营养化等海洋生态的破坏性变化。减少海洋环境污染可以作为一种帮助海洋环境恢复，增加海洋生态碳汇能力的实施手段。海洋碳汇工程可以分解为若干个减少污染物排放的海洋环境保护工程。相比于海洋污染物的检测，海洋碳汇能力的恢复可能需要更长时间，但海洋碳汇工程实施后的效果具有可观的碳汇前景。

2.4 滨海湿地保护与碳汇核算

由于滨海湿地所处位置与人类活动较为接近，容易受到人类活动的影响，滨海湿地的生态功能正在快速消失。通过建立专门政策保护现存的海草牧场、盐沼和红树林等滨海湿地的生态环境，充分发挥其碳汇作用，从整体角度来看，滨海湿地固碳能力可以达到 1 500 $g\ C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$，全国滨海湿地的碳汇能力可以超过 40 万吨[15]。为了更加准确估计滨海湿地生态的碳汇能力，需要结合生态实际构成与特征进行一定时间

的滨海湿地碳汇能力追踪，使得海洋湿地生态的变化规律与碳汇能力得到充分展现。

2.5 养殖环境负排放增汇模式

海洋养殖业作为海洋产业的重要组成部分，是人类活动影响海洋生态的主要路径。相比于其他海洋产业，海洋养殖业对海洋资源的依赖更加显著。一般而言，海洋化工、运输等产业难以实现通过产业增长改善海洋生态，而海洋养殖业由于其自然属性，能够通过寻找海洋生态演化与海水养殖间的结合点，实现海洋生态优化与海洋养殖业间的平衡。从碳排放角度分析，通过发展贝类、藻类等水产品养殖，依靠其对浮游植物的吸收，捕获海水中的碳元素，并通过收获离开海洋的碳循环实现碳汇的作用；或者养殖海藻和海草作为能源植物，而实现环境优化、可持续的海洋能源供给。因此，海洋养殖业可能成为一种增加海洋碳汇的重要方式，并依靠其达到产业发展与碳汇共同目标。

3 海洋碳汇交易的制度探索

3.1 海洋碳汇评估

发展海洋碳汇是增强我国碳实力的重要路径，是达成全球碳排放合作的技术性杠杆。从全球合作角度分析，为了实现整体碳排放的降低，需要参与减排的各方能够在排放权、发展权方面达成一致。其前提是碳排放安排能够符合各国的碳实力，而减排潜力是各国碳实力的关键组成部分。海洋碳汇能力的增强无疑将对我国的减排潜力产生显著的影响，因此率先启动对我国海洋碳汇现状与潜力评估是推动我国海洋碳汇持久有序发展的前提。

3.2 市场化碳排放政策已形成广泛基础

碳交易实践为海洋碳汇的市场化治理提供了重要实施依据。碳排放交易系统（EST）是一类基于市场的节能减排政策工具，其遵循总量控制与交易的原则，以实现政府对各行业的碳排放总量控制。近年来，全球多个国家相继开始实施碳交易政策，市场化政策成为温室气体减排政策中的关键组成部分。自 2005 年全球首个碳交易市场在欧盟启动以来，国际碳市场规模不断扩大。基于国际碳行动伙伴组织（ICAP）的报告，全球共有 20 个正在运行的 ETS，这些规模不同的碳交易系统涵盖 1 个超国家系统（欧盟）、4 个国家系统、15 个省或州系统及 7 个城市系统，覆盖 27 个司法管辖区。

自 2011 年开始，我国已经在北京、上海、深圳等多个地区开展碳排放权交易试点实践。2021 年 2 月 1 日，由生态环境部发布的《碳排放权交易管理办法（试行）》正式开始实施；该办法对全国碳排放权交易及相关活动进行规范，明确了碳排放交易涉及的确权、登记、交易、管理等活动的运行机制，确定了 2 225 家电力企业为重点排放单位。碳交易实践为碳汇的市场化提供了可参考的规则框架，使得海洋碳汇的市场化制度建设成为可能。

3.3 海洋碳汇交易模式探索

碳汇交易是将能够产生碳汇的生态产品通过碳信用转换成温室气体排放权，以获得生态补偿的市场化手段。通过碳汇交易能够实现生态保护行为的货币化激励，并保障减排行为能够始终发生在边际效益最大的区域。相比于海洋碳汇，由于计量与评估较为简便，森林碳汇已成为《京都议定书》中代替二氧化碳减排的主要方式[16]。根据《京都议定书》，发达国家可以通过技术援助、资金支持的形式在发展中国家建设森林碳汇项目。

目前，中国已获得联合国清洁发展机制执行理事会签发的清洁发展技术计划（CDM 计划）项目共计 1 557 项，在全球总的 CDM 计划项目签发量中占比最大[17]。由于我国还是发展中国家还无须承担强制碳汇帮扶任务，我国的减排交易实践主要以基于碳配合的交易为主。

海洋碳汇的作用已经在海洋微生物沉降、滨海湿

地等多个方面形成国际共识[18]。海洋碳汇与森林碳汇的交易是碳配额交易的一个重要补充。通过将海洋碳汇交易纳入碳排放交易体系，可完善国内碳排放交易市场，推动国内海洋碳汇能力建设，使我国碳实力得到进一步提高；进而，随着国际碳排放谈判格局的变化，将海洋碳汇交易推向国际范围。与碳配额交易的方式不同，海洋碳汇交易的基础需要建立在由国家推出的统一基金的基础上。在配额交易中，交易主体为产生碳排放的生产企业。通过事先确定配额，企业基于各自生产中的排放情况，选择进行交易的价格与交易对象，而海洋碳汇的交易需要对相应项目实际产生效果进行较长时间的追踪并进行估计。由于海洋碳汇的发展方式自身就可以分为 3 种，交易的主体也需要相应分为 3 类：① 原有的生产企业。这些企业对海洋的排放影响了海洋的碳汇，其通过减少排放可以促进海洋生态改善增加海洋碳汇，此类主体采用的方式同样是配额式的，交易规则类似于碳配额交易。② 海洋环境管理主体。该类主体是为了保护滨海湿地、海床环境的监管单位，其发挥作用需要通过所保护生态恢复的效果来体现。通过计算生态系统的碳汇能力增加度量生态保护行动的碳汇总量，其基础在于对所保护生态系统的碳汇能力增长，交易方式应采取类似于 CDM 计划的方式进行。③ 海洋养殖主体。该类主体通过养殖产品的生物特性，增加海洋碳汇总量，此类主体的交易方式应该采用信用转让方式进行。将 3 类主体与当前碳排放市场中企业主体间碳配额的换算关系进行设计，构建起海洋碳汇市场交易的基本框架。但是，碳汇市场与碳配额市场间的“换汇”需要由一个具备信用的统一主体完成，所以需要建立统一的基金；然后，由该基金发起对 3 类主体的种子补贴，从而维持两个市场对碳排放的贡献，使相对价格能够维持在合理水平。

3.4 交易平台构建

作为信息公示与价格商议的平台，海洋碳汇应在原有评价平台的基础上建立海洋碳汇交易平台。该平台可以由海洋碳汇统一基金作为支持方，完成市场信息的收集和披露的任务。在交易还未实现前，平台应将评估功能作为主要功能，从而在平台运行初期完成公信力建设；平台运行后，则需要维持评估功能。作为海洋碳汇效果与潜力的评价单位，由于海洋的连通性特征，平台需要有统一主体承担海洋碳汇计量中需要完成的一体化信息收集与统计工作。

4 启示与建议

我国是一个经济快速增长中的发展中国家，还有大量基础建设与产业建设尚待完成，碳排放压力依然较大；同时，我国又是一个大国，需要在涉及全人类的环境问题上承担大国责任，因此需要将减少碳排放与增加碳汇作为我国实现碳达峰、碳中和目标的两个主要途径。海洋碳汇作为近年来发展迅速的研究方向，其巨大潜力与我国的地理结构决定了我国发展海洋碳汇能够显著提高我国的减排潜力。在动态性技术与产业能力视角下，以增强我国海洋碳汇能力为目标，将海洋碳汇市场与已有的碳配额市场结合起来，以市场化手段激励我国海洋碳汇相关主体在技术、生产等环节，积极寻求新方式增加海洋碳汇，从而实现环境与经济效益的双赢局面。

（1）建立健全系统性的海洋碳汇监控、评价体系。加大国家对海洋碳汇基础研究的投入力度，通过机制设计，发挥地方各部门参与海洋碳汇监测的积极性；建立国家级海洋碳汇信息共享平台，将海洋碳汇监测设备融入海洋新型基础设施建设框架；实现多源数据联通在支撑海洋碳汇研究的同时，吸引国内外多方主体参与海洋碳汇的分析评价；发挥大国优势，关注海洋碳汇技术国际前沿，凝聚海洋碳汇国际共识。

（2）分阶段施策，逐步推动海洋碳汇成为碳排放治理的关键环节。在海洋碳汇发展的 3 个阶段中，环境保护部门应分阶段推进海洋碳汇交易。在以生态补

偿为主的启动阶段，紧抓科学前沿；在以生态补偿为基础、以碳汇交易为补充的成长阶段，聚焦市场体系建设；在面向全球治理的海洋碳汇国际化发展阶段，充分发挥系统成果优势，以获得国际碳排放话语权，将海洋碳汇纳入国际碳排放治理重要环节。

（3）基于碳排放权交易探索海洋碳汇市场化治理路径。海洋碳汇发展需要社会各方主体的共同参与，市场化的海洋碳汇机制将使得参与各方获得更好经济效益。在现有碳排放权交易体系的基础上，通过交易平台建设完善监测体系，将规范量化后的海洋碳汇进行认证并纳入碳排放交易系统。在完善碳排放交易的同时，使得全社会充分认识海洋碳汇并积极参与，推动我国成为碳汇大国，加快实现我国的碳达峰、碳中和。

参考文献

1 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000年中国陆地植被碳汇的估算. 中国科学：地球科学, 2007, 37(6): 804-812.

2 Pacala S W, Hurtt G C, Baker D, et al. Consistent land- and atmosphere-based US carbon sink estimates. Science, 2001, 292: 2316-2320

3 王佐仁, 肖建勇. 关于碳汇统计测度的研究. 西安财经学院学报, 2013, (2): 48-51.

4 Simon N, Cras A L, Foulon E, et al. Diversity and evolution of marine phytoplankton. Comptes Rendus Biologies, 2009, 332(2): 159-170.

5 Bowler C, Karl D M, Colwell R R. Microbial oceanography in a sea of opportunity. Nature, 2009, 459: 180-184.

6 张存杰, 黄大鹏, 刘昌义, 等. IPCC第五次评估报告气候变化对人类福祉影响的新认知. 气候变化研究进展, 2014, 10(4): 246-250.

7 樊纲, 苏铭, 曹静. 最终消费与碳减排责任的经济学分析. 经济研究, 2010, 45(1): 4-14.

8 王勇, 毕莹, 王恩东. 中国工业碳排放达峰的情景预测与减排潜力评估. 中国人口资源与环境, 2017, 27(10): 131-140.

9 Gruber N, Keeling C D, Bates N R. Interannual variability in the North Atlantic Ocean carbon sink. Science, 2002, 298: 2374-2378.

10 Liu H, Tang Q S. Review on worldwide study of ocean biological carbon sink. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 18(3): 695-702.

11 Sangermano F, Toledano J, Eastman J R. Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD+ and endemic biodiversity. Landscape Ecology, 2012, 27(4): 571-584.

12 Duarte C M, Holmer M, Olsen Y, et al. Will the oceans help feed humanity?. BioScience, 2009, 59(11): 967-976.

13 Jiao N Z, Tang K, Cai H Y, et al. Increasing the microbial carbon sink in the sea by reducing chemical fertilization on the land. Nature Reviews Microbiology, 2011, 9(1): 75.

14 Landschützer P, Gruber N, Bakker D C E, et al. A neural network-based estimate of the seasonal to inter-annual variability of the Atlantic Ocean carbon sink. Biogeosciences, 2013, 10(11): 7793-7815.

15 韩广轩, 宋维民, 李培广, 等. 长期生态学研究为滨海湿地保护提供科技支撑. 中国科学院院刊, 2020, 35(2): 218-228.

16 何英, 张小全, 刘云仙. 中国森林碳汇交易市场现状与潜力. 林业科学, 2007, 43(7): 106-111.

17 李海棠. 海岸带蓝色碳汇权利客体及其法律属性探析. 中国地质大学学报（社会科学版）, 2020, 20(1): 25-38.

18 焦念志. 海洋固碳与储碳——并论微型生物在其中的重要作用. 中国科学：地球科学, 2012, 42(10): 1473-1486.

Development Mechanism and Trading Mode of Marine Carbon Sink

ZHAO Yun　QIAO Yue*　ZHANG Liwei

（School of Innovation and Entrepreneurship, Shandong University, Qingdao 266237, China）

Abstract　Marine carbon sink is one of the important methods to solve the problem of carbon emission in China. Under the dual constraints of economic development demand and ecological capacity, more policy means need to be explored to achieve carbon emission peak and carbon neutrality in China. There is great potential for the construction of marine carbon sink in China. Hence it is of great significance to build an integrated carbon sink system by combining marine carbon sink with land carbon sink. In the path to achieve marine carbon sequestration increase based on marine ecological improvement, marine breeding, coastal wetland protection and pollution emission will provide the possibility for the increase of marine carbon sequestration. On the basis of the original carbon trading market, through the design of reasonable carbon trading rules, we can guide more resources into the field of marine carbon sink construction by means of market, and achieve the goal of enhancing China's carbon strength.

Keywords　marine carbon sink, trading mechanism, development mode, ecology



赵 云　山东大学创新转化学院助理研究员。主要研究领域：创新转化政策、科学技术与社会、经济地理等。主持并参与中国工程院、中国博士后基金委员会资助的多项课题，参与多项国家科技政策的起草、制定与评估工作。E-mail: yunzhao@sdu.edu.cn

ZHAO Yun　Ph.D. in Management, Assistant Professor of School of Innovation and Entrepreneurship, Shandong University. His research focuses on innovation management policy, science & technology and society, economic geography, etc. In recent years, he has mainly undertaken projects of the Chinese Academy of Engineering, China Postdoctoral Foundation, and so on. He has been involved in drafting, formulation, and evaluation of a number of national science and technology policies. E-mail: yunzhao@sdu.edu.cn



乔 岳　山东大学创新转化学院教授。主要研究领域：产业经济学、创新经济学与政策。主持和参与国家自然科学基金、国家社会科学基金重大项目、教育部人文社科项目等多项重要课题，参与多项国家法规和政策的起草、制定与评估工作。E-mail: qiaoyue@sdu.edu.cn

QIAO Yue　Ph.D. in Economics, Professor of School of Innovation and Entrepreneurship, Shandong University. His research focuses on industrial economics, innovation economics and policy. In recent years, he has mainly undertaken projects of the National Natural Science Foundation of China, National Social Science Foundation of China, and so on. He has been involved in drafting laws, formulations and evaluations of a number of national science and technology policies. E-mail: qiaoyue@sdu.edu.cn

■责任编辑：文彦杰

*Corresponding author